MANUSEIO DE PRODUTOS QUÍMICOS

Capítulo 5: Perigos Associados a Equipamentos e Acessórios do Laboratório

René Peter Schneider* / Rosa de Carvalho Gamba*
Leny Borghesan Albertini**

* Laboratório de Microbiologia Ambiental, Departamento de Microbiologia, Instituto de Ciências Biomédicas, Universidade de São Paulo, Av. Professor Lineu Prestes, 1374, CEP 05508-900, Cidade Universitária, São Paulo, Brasil.

** Laboratório de Resíduos Químicos, Universidade de São Paulo, Av. Trabalhador Sancarlense, 400, CEP 13566-590, São Carlos SP, Brasil.

Referência bibliográfica deste documento:

SCHNEIDER, R.P.; GAMBA, R.C.; ALBERTINI, L.B. **Manuseio de Produtos Químicos. Capítulo 5: Perigos Associados a Equipamentos e Acessórios do Laboratório.** São Paulo: ICBII USP, 2011. 28 p. Protocolo da Rede PROSAB Microbiologia. Área: Métodos Básicos. Disponível em: <http://www.prosabmicrobiologia.org.br/rede/protocolos>. Acesso em: xx/yy/zzzz (dia/mês/ano).

Documento original 01/08/2011
Revisão:

São Paulo
2011

RESUMO

SCHNEIDER, R.P.; GAMBA, R.C.; ALBERTINI, L.B. **Manuseio de Produtos Químicos. Capítulo 5: Perigos Associados a Equipamentos e Acessórios do Laboratório.** São Paulo: ICBII USP, 2011. 28 p. Protocolo da Rede PROSAB Microbiologia. Área: Métodos Básicos.

Neste capítulo são discutidos os perigos associados à operação dos seguintes equipamentos de laboratório: equipamentos que produzem aerossóis, centrífugas, cilindros de gases comprimidos, líquidos criogênicos, vidrarias, aparelhos elétricos, sistemas de aquecimento, sistemas pressurizados, aparelhos de vácuo, destiladores, geladeiras e autoclaves.

Palavras-chave: Segurança Química, Perigo, Manipulação

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
EPI	Equipamento de Proteção Individual
NBR	Norma Brasileira Regulamentadora

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO

Lembre-se do provérbio, “a familiaridade produz o desdém”. Todo laboratório oferece muitos perigos em potencial. Trabalhando dentro deste ambiente, dia após dia, sem que ocorram acidentes sérios freqüentemente induz uma sensação de segurança entre os integrantes do laboratório, que os leva a desconsiderar os riscos existentes em seu ambiente de trabalho. Use o princípio da precaução no trato de cilindros de gás, líquidos criogênicos eletricidade e equipamentos em geral. As informações deste capítulo estão baseadas nas informações pertinentes das normas nacionais e do Laboratory Safety Guide da Universidade de Wisconsin-Madison (2005).

Equipamentos que operam com voltagens elevadas, a pressões altas, em velocidades elevadas ou a temperaturas elevadas, são potencialmente perigosos. Estes equipamentos deveriam ser verificados e submetidos à manutenção preventiva periódica para reduzir o risco de acidentes com pessoas em casos de defeitos ou quebra. Quando usarmos um equipamento no laboratório, lembre-se dos seguintes aspectos:

- Use o equipamento correto;
- Saiba como operar o equipamento;
- Verifique o bom estado de funcionamento do equipamento antes de usá-lo;
- Manuseie o equipamento corretamente;
- Não modifique equipamentos de laboratório sem o acompanhamento técnico do fornecedor;
- Não remova, desarme ou desrespeite sistemas de segurança de equipamentos;
- Conheça os riscos associados à operação de cada equipamento;
- Consulte o manual de instruções ou o procedimento operacional padrão do laboratório para este tipo de equipamento, para se informar sobre a operação correta da máquina e sobre os riscos associados à sua operação;
- Não o coloque em operação se tiver dúvida sobre o seu perfeito estado de conservação ou se tiver detectado falhas ou defeitos.

2. FORMAÇÃO DE AEROSSÓIS

Um risco potencialmente sério na operação de certos equipamentos é a produção de aerossóis. Um aerossol é uma gotícula de líquido ou sólido, suspensa no ar.

Aerossóis que contenham produtos químicos tóxicos ou contaminados com organismos patogênicos são um risco de saúde muito sério:

- Quando inaladas, as partículas diminutas de aerossóis podem penetrar rapidamente e profundamente nos pulmões;
- Aerossóis podem permanecer em suspensão na atmosfera do laboratório durante muito tempo;
- Partícula e aerossol podem se depositar e contaminar superfícies de equipamentos, a pele e a infra-estrutura do laboratório (bancadas, paredes, pisos, etc.).

2.1 Aparelhos ou Processos que Podem Produzir Aerossóis

2.1.1 Processos

- Fechamento de ampolas a vácuo;
- Pulverização de amostras em cadinho ou em equipamentos de moagem;
- Sonicador;
- Vortex;
- Manuseios com seringa, agulha ou pipetas;
- Centrífuga;
- Liquidificador;
- Mesas agitadoras,
- Agitadores magnéticos.

Avalie o risco de formação de aerossóis no emprego destes aparelhos ou na execução destas operações

Em caso positivo:

- Conduza as etapas críticas onde há risco de formação de aerossóis dentro de uma capela ou uma câmara de proteção biológica;
- Mantenha os tubos fechados durante a operação de vortex ou agitadores magnéticos;
- Permita a deposição das partículas de aerossóis no interior de tubos de centrífuga durante 5 minutos antes de abri-los;
- Proteja a superfície da bancada ou de equipamentos onde possa ocorrer a deposição de aerossóis com microrganismos patogênicos, com uma toalha embebida em agentes desinfetantes;
- Reconstitua ou dilua o conteúdo de uma ampola lentamente;
- Na adição de um líquido a outro, deixe o líquido a ser adicionado escorrer pela parede do recipiente ou o adicione o mais próximo possível da superfície do líquido receptor;
- Use apenas pipetas automáticas para pipetagem.

2.1.2 Equipamentos

2.1.2.1 Centrífugas

A operação de centrífugas oferece dois tipos de riscos importantes: falhas mecânicas e produção de aerossóis.

O acidente mais comum na centrifugação é o rompimento de tubos no interior do rotor. Em função das elevadas velocidades de rotação, é indispensável balanceá-los com cuidado, certificar-se de que a tampa do rotor esteja bem fixada, operá-los somente nas velocidades recomendadas pelo fabricante e abrir o rotor para remoção dos tubos somente após a parada completa. Caso um tubo tiver rompido, limpe imediatamente a câmara correspondente do rotor.

Siga as seguintes recomendações na operação de centrífugas:

- Verifique os tubos de centrífuga e descarte peças com sinais de defeitos ou perfurações;
- Inspecione a parte interna de cada cavidade de tubos no rotor ou da caçapa. Remova todos os resíduos que encontrar nestes locais antes de acondicionar os tubos;
- Verifique se a centrífuga está equipada com proteção adequada para evitar o lançamento de materiais desprendidos para o interior da sala;
- Use somente centrífugas com dispositivos de bloqueio do rotor, no caso de abertura da tampa;
- Não exceda o volume operacional dos tubos e evite danificar os selos e as tampas dos tubos;
- Sempre mantenha a tampa do compartimento de rotor fechada enquanto este estiver em movimento;
- Não toque o rotor com as mãos durante a frenagem;
- Não tampe tubos de centrífuga com folhas de alumínio;
- No balanceamento de rotores, considere o conjunto completo de cada tubo, incluindo o conteúdo, os dispositivos de vedação e de adaptação do tubo ao rotor ou de fixação no rotor (caçapas);
- Interrompa imediatamente a operação da centrífuga se notar barulho estranho ou vibração anormal;
- Use somente rotores e tampas aprovados pelo fabricante para o modelo de centrífuga;
- Use somente tubos e conjuntos de vedação aprovados pelo fabricante para o rotor específico.

Algumas centrífugas portáteis ou de baixa velocidade podem não estar equipadas com câmaras de rotor com selagem suficiente para evitar o escape de aerossóis. Nestes casos utilize um recipiente de segurança sobre a tampa do compartimento do rotor para capturar aerossóis, eventualmente formados durante a centrifugação.

2.2.2.2 Ultracentrífugas

São equipamentos que oferecem riscos adicionais devido às velocidades extremamente elevadas de rotação e o esforço mecânico muito elevado que incide sobre o material do rotor.

Neste tipo de equipamento:

- Filtre o ar das linhas de exaustão de vácuo para remover aerossóis;
- Mantenha um registro do uso do rotor para reduzir o risco de acidentes por fadiga de material devido ao vencimento da vida útil da peça;
- Inspecione, limpe e seque regularmente os rotores destas máquinas para evitar a corrosão interna nos compartimentos dos tubos ou outros tipos de danos materiais.

Os rotores são as peças mais críticas e mais sujeitas a defeitos ou ataque químico de centrífugas.

Cuidados especiais para rotores e câmaras de rotores incluem:

- Limpe a câmara de rotores periodicamente para manter a operacionalidade da centrífuga;
- Revise o protocolo de operação padrão do rotor e se certifique sobre a inclusão das medidas de segurança recomendadas pelo fabricante;
- Submeta o rotor a uma inspeção visual sobre danos ou defeitos antes de cada uso;
- Inspecione a parte inferior do rotor, a área de fixação na haste do motor e as beiradas;
- Verifique que a parte superior e inferior do rotor estejam bem conectada;
- Alguns produtos químicos como fenóis atacam rotores de plástico e alguns kits de extração de ácidos nucléicos podem danificar o rotor. Indícios de ataque químico ao material do rotor incluem: a descoloração da superfície, fissuras, granulação, descolamento da tinta ou outras formas de deterioração do acabamento da peça;
- Defeitos mecânicos como rachaduras, arranhões ou ranhuras podem ser detectados pelo aumento do barulho ou de vibração na operação do rotor. Se a vibração persistir mesmo após uma eventual correção do desbalanceamento do rotor ou de correção na fixação da tampa, o rotor deverá ser inspecionado por um técnico especializado;
- Nunca utilize um rotor com sinais claros de defeitos;
- Sempre opere o rotor com a tampa bem afixada;
- Empregue uma vedação para aerossóis quando estiver processando amostras com organismos patogênicos;
- Se você notar entalhes na tampa de um rotor de plástico, troque o rotor, pois estes defeitos são indícios de deformação do rotor.

3. CILINDROS DE GASES COMPRIMIDOS

Cilindros de gases comprimidos representam riscos químicos e físicos em laboratórios. A manipulação incorreta de cilindros de gás pode transformar estes equipamentos em armas letais de grande poder destruidor. Uma válvula de cilindro quebrada pode transformar o cilindro em um míssil. Alguns dos gases armazenados em cilindros, como, por exemplo, gás sulfídrico, pode ser letal em caso de vazamento e provocar incêndios no caso de gases inflamáveis como hidrogênio.

3.1 Armazenamento de Grandes Cilindros (1,5 metros) de Gás Comprimido

- Prédios onde ocorre a utilização de cilindros de grande porte devem disponibilizar uma área para recebimento de cilindros novos e usados (Figura 5.1). Utilize correntes ou fitas para prender os cilindros a muros ou grades;
- Nunca aceite um cilindro sem identificação clara do conteúdo;
- Nunca confie em códigos de cor para identificação do conteúdo de cilindros. Não aceite um cilindro se o seu conteúdo estiver identificado apenas por um código de cor ou se o código de cor não corresponde com o conteúdo identificado na plaqueta;
- Transporte cilindros em um carrinho apropriados, com uma corrente de segurança;
- Sempre prenda cilindros de gás em um muro ou uma bancada sólida com braçadeiras, fitas ou correntes. Mesmo quando vazios devem ser presos com firmeza ao suporte;
- Não remova as capas protetoras de cilindros até que o cilindro esteja preso com segurança ao suporte;
- Não mais do que três cilindros com gases inflamáveis, oxigênio ou gases tóxicos devem ser armazenados em uma área de $45m^2$;
- Cilindros com gases inflamáveis devem ser armazenados a uma distância mínima de 6m de cilindros com agentes oxidantes;

- Mantenha os cilindros afastados de todas as fontes de calor e ao abrigo da luz solar direta para prevenir um aumento da pressão. Não aqueça os cilindros para aumentar a pressão interna;
- Nunca armazene cilindros de gás comprimido em corredores ou em salões amplos acessíveis ao público em geral.
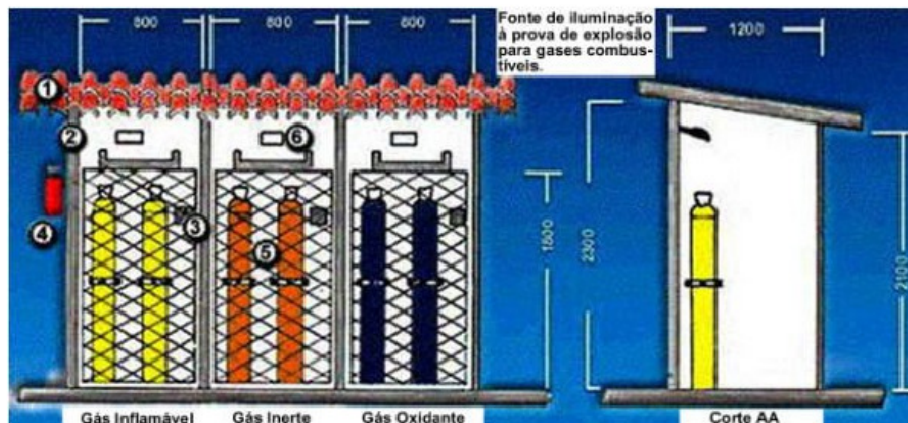
Figura 5.1. Exemplo da construção para armazenamento de cilindros de gases. 1: Cobertura; 2: Separação do ambiente externo; 3: Parede "Corta-fogo"; 4: Extintor de incêndio, 5: Correntes de fixação, 6: Identificação dos gases e seus riscos.

3.2 Uso de Cilindros de Gás

- Utilize os reguladores corretos para cada tipo de gás;
- Nunca use adaptadores improvisados;
- Sempre use óculos de proteção com resistência a impacto quando estiver trabalhando com gases comprimidos;
- Nunca recarregue cilindros de gás comprimido;
- Limite as quantidades de gases inflamáveis, tóxicos ou altamente reativos à quantidade necessária para os experimentos imediatos ou dos próximos meses. Evite o emprego destes compostos sempre que possível;
- Antes de abrir a válvula do cilindro, verifique a estanqueidade de todos os pontos da rede na pressão de operação. Aplique uma solução de sabão nas conexões e verifique a formação de bolhas;
- Não deixe reguladores e válvulas conectadas a cilindros com gases corrosivos exceto quando eles estão em uso;
- No caso de cilindros com gases corrosivos, acione a válvula e a conexão do regulador com o cilindro com freqüência, para evitar a deterioração irreversível das conexões;
- Não force as hastes da válvula; elas podem romper com facilidade;
- Desligue a válvula principal e o regulador quando não for usar o cilindro;
- Marque claramente o cilindro vazio. Mantenha o cilindro vazio na área de armazenamento de cilindros designada até que sejam removidos pelas empresas de fornecimento de gases industriais.

3.3 Cilindros com Gases Inflamáveis

Cilindros com gases inflamáveis representam um risco adicional devido às características de seu conteúdo.

- Limite o volume total de gases inflamáveis (hidrogênio, acetileno, propano, butano, etc.) e de oxigênio armazenada, em uma área de $46m^2$ de espaço laboratorial, sem sistemas de chuveiros automáticos de proteção contra incêndio, a três cilindros de $8m^3$;
- Não armazene quantidades superiores a $11m^3$ de hidrogênio em áreas do subsolo;
- Se possível utilize gases inflamáveis somente em recintos equipados com detectores para estes gases;
- Não incinere gases residuais de equipamentos de laboratório em chamas abertas. Direcione estes gases para sistemas de remoção adequados.

3.4 Aluguel de Cilindros de Gás

Cilindros de gás geralmente são comercializados com dois componentes de custo. O primeiro se refere ao preço do gás armazenado no cilindro. O segundo é o aluguel do cilindro pelo comprador do gás. Dependendo da taxa de uso do cilindro, as despesas de aluguel podem ultrapassar e muito o custo do gás. Por exemplo, um cientista em um campus nos EUA usou um cilindro de nitrogênio de 1986 até 1992. O preço do gás foi US$ 8,82, porém o aluguel do cilindro custou mais de US$ 135 no período.

Para minimizar os custos com aluguéis de cilindros:

- Encomende apenas a quantidade de gás que será consumida em um período de poucos meses;
- Mantenha um controle sobre a localização e a data de recebimento de cada cilindro;
- Use seus cilindros na seqüência de recebimento, ou seja, o primeiro que chegou será o primeiro a ser usado;
- Se você não tem planos de usar o cilindro por vários meses, é mais econômico devolver um cilindro parcialmente cheio do que pagar as despesas de aluguel.

3.5 Precauções com Pequenos Cilindros de Gás

Pequenos cilindros de gás podem tornar-se um problema sério de descarte de resíduos. Os altos custos de descarte destes cilindros refletem os perigos associados a gases de laboratório e a dificuldade de processamento dos cilindros. Gases tóxicos e exóticos (arsina, fosfogenio e dióxido de nitrogênio) são freqüentemente fornecidos em cilindros pequenos. O descarte de cilindros antigos, com válvulas inoperantes, e cujo conteúdo é desconhecido é extremamente caro. Cilindros velhos podem vazar ou se romper espontaneamente. Aqui estão alguns passos a serem tomados para minimizar os perigos e custos de descarte de cilindros pequenos.

Inspecione seus pequenos cilindros de gás anualmente

Verifique a integridade das etiquetas, procure por sinais de corrosão ou de vazamento de gás nas válvulas. Se houver qualquer discrepância entre a informação nas etiquetas coladas ao cilindro e afixadas nas válvulas, chame o representante do Departamento de Segurança. Descarte todos os pequenos cilindros de gás que você não planeja usar no futuro imediato.

Armazene-os com segurança

Pequenos cilindros de gás devem ser armazenados em um gabinete ventilado e separado onde as temperaturas não excedem a temperatura ambiente normal. Estes pequenos cilindros podem conter gases que são liquefeitos em pressões abaixo do limite (150 atmosferas) e são mais suscetíveis ao aumento da pressão com o aquecimento. Caso a temperatura crítica do gás do cilindro esteja próxima da temperatura ambiente, deite os cilindros com a válvula orientada para a porta do gabinete.

Não armazene produtos corrosivos junto a pequenos cilindros de gás. Os vapores de produtos químicos corrosivos tais como ácido clorídrico ou nítrico podem destruir as etiquetas e danificar as válvulas.

Acompanhe seu uso. Fixe uma prancheta ao gabinete ou uma etiqueta ao cilindro para registrar datas e o peso do frasco antes e após o uso.

Compre o que for necessário; use o que você comprou. Compre apenas a quantidade de gás necessária para seu trabalho e consuma todo o gás comprado. Considere a possibilidade de compartilhar gases entre laboratórios.

Retorne os cilindros que não necessita ou cilindros excedentes aos fornecedores. Alguns fornecedores recolhem pequenos cilindros de gás excedentes e frascos vazios. Quando adquirir pequenos cilindros de gases, pergunte ao fornecedor sobre a possibilidade de devolução dos cilindros usados. Considere o alto custo de descarte se o fornecedor não aceitar a devolução dos cilindros.

3.6 Identificação dos Cilindros de Gases

A identificação do tipo de gás é feita facilmente pelo código de cores (ABNT. 121276) (Figura 5.2), assim como também para tubulações (ABNT 13193)

Nota: as cores referem-se à cor da calota dos cilindros e não do seu corpo
.
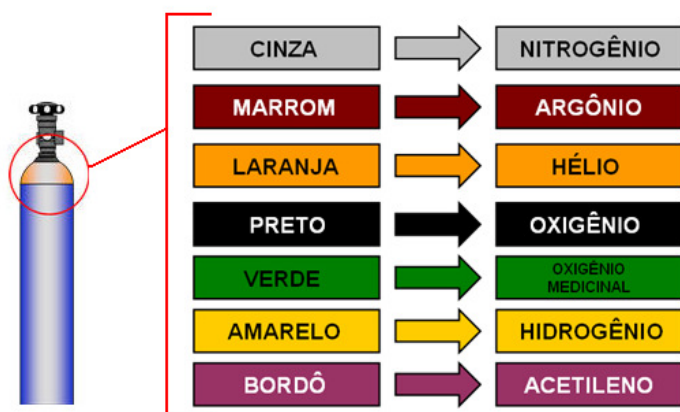
Figura 5.2 Cilindro de gás indicando a posição onde se encontra a classificação de acordo com a cor do tipo de gás e sua definição.

Identificação técnica
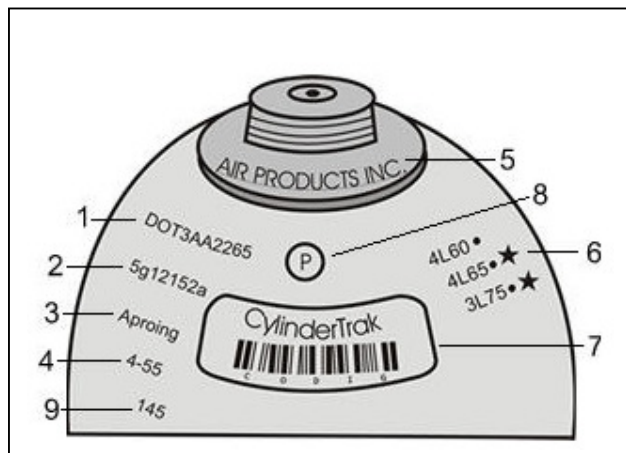
Figura 5.3. Calota do cilindro de gases. 1: Especificação do cilindro: DOT 3AA 2265 (DOT: Departamento de Transporte; 3 AA: Tipo do material do cilindro; 2265: pressão de trabalho em psi); 2: Número de série do cilindro; 3: Símbolo de registro do proprietário; 4: Data de fabricação (também denominado primeira data de teste hidrostático), 5: Identificação do proprietário; 6: Data de validade do teste hidrostático, ou seja, essa data indicada significa que o cilindro não pode ser recarregado após essa data. Porém, a utilização está liberada; 7: Etiquetas de identificação do cilindro; 8: Marca de identificação da empresa que inspecionou o cilindro, http://www.oxigenio.com/oxi/dbc/educacional _identificacao_dos_cilindros.htm acessado em 03/09/2010.

Rotulagem

Figura 5.4 Exemplo de um rótulo de gases http://www.oxigenio.com/oxi/dbc/educacional _identificacao_dos_cilindros.htm, acessado em 03/09/2010.

3.7 Grupo de Riscos dos Gases

Grupo I: não inflamáveis, não corrosivos e de baixa toxicidade: ar comprimido, argônio, dióxido de carbono, hélio, neônio, nitrogênio e oxigênio.

Grupo II: inflamáveis, não corrosivos e de baixa toxicidade: acetileno, butano, cloreto de metila, hidrogênio, metano, propano, gás natural e etano.

Grupo III: inflamáveis corrosivos e tóxicos: sulfeto de hidrogênio, monóxido de carbono, brometo de metila, dimetilamina, óxido de etileno, cloreto de metila.

Grupo IV: tóxicos ou corrosivos e não inflamáveis: amônia, cloro, flúor, tetracloreto de boro, brometo de hidrogênio, cloreto de hidrogênio, dióxido de enxofre, fluoreto de hidrogênio.

Grupo V: espontaneamente inflamável: Silano.

Grupo VI: altamente perigosos: arsina, cloreto de nitrosila, óxido de etileno, fosfina, óxido nítrico, cianogênio, dióxido de nitrogênio, fosfogênio, seleneto de hidrogênio.

Descrição de propriedades de alguns gases

Oxigênio: Seu risco principal é o fato de ser altamente reativo com gases inflamáveis e pelo fato de ser essencial no processo de combustão.

Acetileno: Quando combinado com o oxigênio, o acetileno produz a chama de gás mais quente atualmente conhecida. Ele é altamente inflamável e altamente explosivo.

Hidrogênio: O hidrogênio é um gás altamente inflamável. Seu limite de inflamabilidade é de 4% a 74% de vapor de mistura no ar.

Nitrogênio: O nitrogênio é um gás não inflamável, comumente usado em soldagem a arco. Seu risco principal está no fato de que também desloca o oxigênio em áreas fechadas e provoca uma atmosfera deficiente de oxigênio.

Argônio: O argônio é um gás inerte, não inflamável, comumente usado em soldagem a arco. Seu risco principal está no fato de que também desloca o oxigênio em áreas fechadas ou confinadas, produzindo uma atmosfera deficiente de oxigênio.

3.8 Recebimento de Cilindros de Gás

Sempre que um cilindro de gás for recebido, e antes de ser usado, inspecione-o cuidadosamente para assegurar-se de que esteja em boas condições e de que seu conteúdo esteja indicado corretamente no rótulo.

Algumas vezes um rótulo é colocado na superfície do cilindro, ou é fixada à tampa uma etiqueta. Verifique as suas condições.

A válvula do cilindro deve ficar sempre tampada. Além disto, inspecione os cilindros para determinar a presença de ranhuras, arqueamentos ou queimaduras por maçarico, crateras isoladas ou áreas corroídas (particularmente em volta do pescoço do cilindro ou da válvula), ou conjuntos de válvulas estragadas ou quebradas.

Se for observado qualquer defeito, isole o cilindro dos outros que estiverem em bom estado e entre em contato com o fornecedor sobre os problemas registrados.

3.9 Manuseio de Gases

Antes de iniciar o trabalho com os gases é fundamental que procure na literatura informações sobre o gás que irá utilizar, como por exemplo, o risco de explosão, reatividade, toxicidade e outros.

- No manuseio com os gases sempre utilizar os EPIs:

  a. Protetor facial sobre os óculos de segurança;
  b. Luvas de raspa de couro, cloreto e polivinila ou de vaqueta com forro de lã de carneiro;
  c. Sapato ou botina de segurança com biqueira de aço.

- Use os cilindros somente na posição vertical;
- Não abra a válvula principal sem antes verificar se a válvula redutora está fechada.
- Sempre abra a válvula principal aos poucos e nunca totalmente;
- Feche todas as válvulas do cilindro quando não estiver em uso;
- No caso de cilindros que contenham gases oxidantes como o oxigênio, jamais utilizar graxa, óleo ou glicerina;
- Usar apenas cilindros equipados com válvulas de redução;
- Quando usar mangueiras para ligações verificar as compatibilidades químicas com o gás e se as ligações estão bem firmes, não apresentando nenhum vazamento;
- Antes do uso, verificar possíveis vazamentos, utilizando uma solução de sabão nos locais a serem testados;
- Utilize os reguladores corretos para cada tipo de gás; nunca use adaptadores improvisados;
- Antes de abrir a válvula do cilindro, verifique a ocorrência em todas as conexões da rede de distribuição de gás alimentada pelo cilindro. Aplique uma solução de sabão nas conexões e verifique a formação de bolhas;
- Não deixe reguladores e válvulas conectadas a cilindros com gases corrosivos exceto quando eles estão em uso;
- No caso de cilindros com gases corrosivos, acione a válvula e a conexão do regulador com o cilindro com frequência para evitar a deterioração irreversível das conexões.

3.10 Reguladores de Pressão

Uma vez que o componente primário de um sistema de distribuição de gases é o regulador de pressão, é de suma importância a definição dos critérios para sua seleção.

A função básica de um regulador de pressão (Figura 5.5) é receber um gás a alta pressão de um cilindro e reduzi-la a um nível seguro, que seja adequado à aplicação específica, de forma que ele tenha o mesmo nível de pureza, tanto na entrada como na saída do regulador.

Os critérios de seleção devem considerar os seguintes aspectos:

- O gás não deve ser contaminado de nenhuma forma pelos materiais com que tenha tido contato;
- Nenhuma partícula de ar ambiente pode contaminar o fluxo de gases da tubulação;
- O gás não pode vazar para o exterior ou ser absorvido na parede interior do regulador.
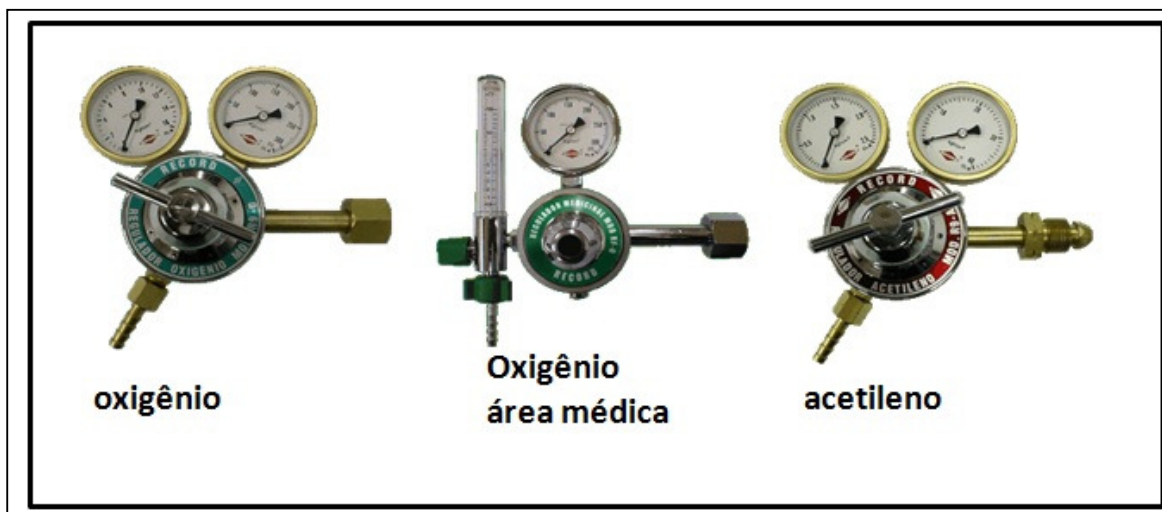
Figura 5.5 Tipos de reguladores de pressão.

O gás a alta pressão entra no regulador através do orifício de entrada, na parte inferior da válvula principal (assento). Uma combinação de forças, fornecida pela mola secundária (do assento) e a pressão de entrada do gás, atuam sobre a sede (força de entrada) para manter a sede fechada. À medida que o volante de ajuste é girado no sentido horário, a mola de ajuste é comprimida e uma força é aplicada ao diafragma. O diafragma se move para baixo, para abrir a válvula principal (sede) e o gás flui a partir da câmara de entrada para a câmara de saída. A pressão do gás na câmara de saída aplica uma força para cima, sobre o diafragma. Na medida em que as forças combinadas da pressão de saída, mola marginal e força de entrada são iguais a força da mola de ajuste, o diafragma se move para cima permitindo que a sede seja fechada. O gás passando pelo sistema diminui a pressão abaixo do diafragma e o ciclo se repete para manter uma pressão constante na saída do regulador.

A causa primária de falhas em um regulador ocorre quando partículas se alojam entre a sede e o obturador, restringindo o fechamento adequado, permitindo que a corrente de alta pressão passe para o lado de baixa pressão. O resultado será o diafragma rompido ou o manômetro de saída quebrado. Por esta razão, uma filtragem adequada é extremamente importante. Existem duas fontes de materiais particulados: a corrente de gás e resíduos da montagem do regulador. Ao apertar as roscas de manômetros e conexões durante a montagem do regulador, também podem ser geradas partículas e um filtro deve ser colocado diretamente antes da sede para prevenir os danos provenientes de todas as fontes de particulados. Por essa razão, filtros sintetizados de 10 μm são montados na sede para evitar danos na mesma.

Materiais usados em reguladores

Corpo dos reguladores

Os materiais mais comumente usados para o corpo de um regulador de gases são: latão forjado ou usinado, alumínio e aço Inox.

Latão forjado: é o corpo mais econômico para se produzir, uma vez que as cavidades do corpo são formadas pelo processo de forjamento e pouca usinagem é requerida.

Latão usinado: os corpos de reguladores feitos de latão em barras são totalmente usinados. Suas cavidades são normalmente projetadas para minimizar a área interna e permitir uma completa purga do volume interno.

Alumínio usinado: o alumínio é mais resistente a corrosão que o latão, porém mais barato que um regulador de aço inox e é recomendado para aplicações com gases moderadamente corrosivos, tais como Amônia, gás sulfídrico e dióxido de enxofre.

Aço inox em barras: o material preferido para gases corrosivos ou de alta pureza é o aço Inox. Os tipos 316 ou 316L proporcionam o mais elevado nível de compatibilidade com uma ampla gama de gases especiais e raros.

Diafragma

O material recomendado para o diafragma de um regulador de alta pureza é o aço Inox 316, pois não é permeável e é resistente a corrosão. Outro material disponível é o neoprene, que não é recomendado para uso com gases especiais, por permitir a migração de hidrocarbonetos e a difusão de contaminantes como umidade e oxigênio para a corrente de gás.

Sede principal

Esta é a parte mais importante do regulador e é o componente mais suscetível a falhar se o regulador não for projetado corretamente. O assento deve ser macio o suficiente para vedar, mas resistente para manter a integridade sob as altas forças geradas pela pressão de entrada. O material deve ser resistente a ataque químico de uma ampla gama de gases, sem se romper ou absorvê-los. O politetrafluoretileno (Teflon®) é o mais recomendado, pois é inerte e proporciona uma vedação adequada no regulador.

Parâmetros considerados

Ao especificar um regulador, cinco parâmetros devem ser considerados:

- Tipo de gás;
- Pressão de entrada;
- Pressão de saída;
- Vazão;
- Estanqueidade.

Pressão de Entrada

A pressão normal de entrada de um regulador é de 3000 Psi (207 Bar). Deve ser assegurado que o regulador nunca seja utilizado em um cilindro com pressão interna maior que a escala do manômetro do regulador.

Pressão de Saída

Os reguladores são projetados com diferentes molas de ajuste para atingir uma faixa de pressão específica. A faixa de menor pressão normalmente é 0-15 Psi (0-1 Bar). O limite máximo da pressão de trabalho de um regulador tipo diafragma é 500 Psi (34,5 Bar).

Vazão

Os requisitos de vazão na maioria dos gases especiais são em geral baixos e são expressos em litros/min (lpm), pé cúbico/ min (scfm) ou metros cúbicos por hora (m^3/h). Por exemplo, para uma pressão de saída de 3,5 Bar ou 50 Psi, temos diferentes vazões máximas de N_2, em função da pressão de entrada: a 200 Psi (aprox. 300 lpm); a 500 Psi (aprox. 500 lpm) e a 2000 Psi (aprox. 700 lpm).

Estanqueidade: Expressa o quanto um regulador é resistente a vazamentos. É medida em unidade de vazão como cm^3/s, através de espectrômetro de massa. Uma estanqueidade de $1x10^{-8}$ cm^3/seg. (escape de 1 ml a cada 3,3 anos) é bastante satisfatória para a maioria das aplicações em gases especiais.

Gases especiais: reguladores

Os gases especiais e raros podem ser separados em categorias, baseados em suas propriedades. Cada uma das categorias requer diferentes tipos de regulador.

Gases Inertes: São não-corrosivos e compatíveis com a maioria dos materiais. Em aplicações para gases, tais como nitrogênio, argônio e hélio em instrumentos de calibração ou análises não é recomendável a utilização de reguladores de baixo custo, do tipo industrial.

Gases corrosivos: com gases corrosivos a questão não é se o regulador irá falhar, mas quando irá falhar. A maioria dos gases classificados como corrosivos (cloro, ácido clorídrico e gás sulfídrico), são corrosivos somente na presença de umidade. Portanto é extremamente importante que os gases sejam mantidos secos e que a umidade seja excluída do sistema.

Gases Tóxicos: apresentam um potencial risco para a segurança no local de trabalho e um cuidado especial deve ser tomado para prevenir a liberação na atmosfera. Assim, é extremamente importante que o regulador especificado para gases tóxicos seja equipado com sistemas de captação que possam ser canalizados para fora do ambiente de trabalho para tratamento adequado, protegendo os usuários.

4. LÍQUIDOS CRIOGÊNICOS

Líquidos criogênicos são perigosos por causa das características físico-químicas de seu estado de baixas temperaturas. Os líquidos criogênicos podem causar explosões, incêndios, asfixia, destruição do tecido ou comprometimento estrutural de materiais.

Siga estas instruções no emprego de líquidos criogênicos:

- Sempre use proteção para os olhos, preferivelmente um protetor facial de acrílico quando estiver manuseando líquidos criogênicos;
- Mantenha os líquidos criogênicos distantes de todas as fontes de ignição;
- Armazene líquidos criogênicos em uma área bem ventilada para evitar o acúmulo de gases inflamáveis ou o deslocamento de ar;
- Armazene líquidos criogênicos no interior de frascos Dewar de parede dupla. Manipule estes frascos com cuidado. Cubra estes frascos completamente com fitas adesivas para prevenir a liberação de um grande numero de pequenos cacos de vidro em caso de quebra do frasco;
- Não use luvas que possam congelar na pele;
- Pré-esfrie frascos nos quais serão despejados líquidos criogênicos para minimizar o choque térmico e a dispersão do líquido devido à evaporação rápida de material da base com implosão de bolhas de vapor;
- Selecione os materiais que serão colocados em contato com líquidos criogênicos criteriosamente. Líquidos criogênicos alteram as características de alguns materiais. Há relatos de acidentes devido à quebra de tubos (Pyrex®) em contato com líquidos criogênicos que causaram ferimentos;
- Use pegadores de metal para manipular objetos imersos nos líquidos criogênicos. Borrachas e plásticos podem se tornar extremamente frágeis quando expostos a líquidos criogênicos, manipule peças destes materiais com extremo cuidado;
- Transporte líquido criogênicos com extremo cuidado. Use um carrinho para transportar grandes recipientes de líquidos criogênicos.

Relato de um acidente com líquido criogênico em laboratório: durante congelamento em nitrogênio líquido de um frasco de vidro de 250 ml, uma pequena rachadura se formou na superfície do frasco e uma pequena quantidade de nitrogênio líquido penetrou no seu interior. Quando o frasco aqueceu, o nitrogênio líquido evaporou, acumulando pressão excessiva. O frasco explodiu, cobrindo dois pesquisadores que estavam próximos com cacos de vidro.

5. MANUSEIO DE VIDRARIA

Ferimentos por vidros quebrados estão entre as causas mais comuns de acidentes em laboratório. Para prevenir acidentes com vidraria, inspecione as peças antes de usá-las e se certifique de que não há rachaduras ou trincas. Siga as seguintes dicas para reduzir os riscos de ferimento no manuseio de vidraria:

- Descarte ou repare qualquer peça de vidraria com trinca ou rachadura;
- Quando for cortar um vidro, use proteção para as mãos e apare as faces cortantes sobre uma chama acesa derretendo as pontas do vidro;
- Nunca utilize vidraria de laboratório para acondicionar alimentos ou bebidas;
- Manuseie vidrarias com cuidado para evitar danificar as peças, trate-as como as taças de champanhe da tua cristaleira;
- Mantenha 10% do volume interno de frascos de vidro fechados com pressão positiva, como espaço vazio;
- Quando possível substitua conectores de plástico ou de metal por conectores de vidro;
- Limpe e descontamine vidrarias cuidadosamente imediatamente após o uso.

Quando inserir tubos de vidro em rolhas, em tubos de outro material ou em tampas:

- Use proteção apropriada para as mãos (luvas resistentes e uma toalha para absorver o choque e os resíduos em caso de quebra do tubo);
- Lubrifique o tubo de vidro;
- Pressione o tubo ao longo do seu eixo para minimizar forças de cisalhamento perpendiculares que podem resultar no rompimento da peça.

Vidrarias para trabalho com sistemas de vácuo estão sujeitas a implodir e neste processo espalhar cacos de vidro por todo o laboratório

Precauções necessárias neste tipo de trabalho incluem:

- Utilizar somente vidraria com espessura adequada para a intensidade de vácuo a ser trabalhada;
- Frascos de fundo chato são menos resistentes a pressão negativa do que frascos com fundo redondo;
- Manipule vidrarias submetidas a vácuo interno com extremo cuidado para evitar a sua implosão;
- Frascos submetidos a vácuo como os recipientes com parede dupla para armazenamento de líquidos criogênicos e dissipadores, devem ser envoltos por tiras com fitas adesivas para evitar que o vidro se rompa em muitos pedaços pequenos em caso de implosão. Alternativamente estes frascos podem ser acondicionados no interior de vasilhames de plástico ou de metal capazes de absorver o choque de uma implosão;
- Use luvas para coletar cacos de vidro;
- Recolha os cacos pequenos com auxílio de vassourinha e pazinha;
- Remova pedaços grandes de vidro de cubas e ralos com pinças e cacos pequenos com chumaços de algodão presos nas pontas das pinças;
- Frascos grandes de vidro (volumes > 5L) são muito suscetíveis a choques térmicos, principalmente quando autoclavados. Aqueça e esfrie estes frascos lentamente. Use Pyrex® ou outros tipos de vidros especiais termorresistentes para operações que demandem aquecimento em chama a altas temperaturas;
- No manuseio de frascos frios ou congelados, segure com uma mão o gargalo e apóie o fundo do frasco na outra mão;
- Levante béqueres frios segurando pelas paredes logo abaixo da beirada. Béqueres grandes devem ser manipulados com as duas mãos, uma apoiando a base e a segunda estabilizando o béquer na vertical apoiando a parede lateral;
- Nunca suspenda as garrafas com produtos químicos pelo gargalo;
- Utilize um carrinho para o transporte de frascos grandes e pesados, como reservatórios de meios de cultura de 20L.

Independentemente das medidas de precaução, vidro pode e vai quebrar no laboratório. Cacos de vidro podem causar ferimentos profundos cortantes, acompanhados de contaminação com compostos químicos ou biológicos.

- Vidrarias contaminadas com compostos químicos, com produtos biológicos patogênicos ou com materiais radioativos devem ser descontaminadas antes do descarte;
- Cacos de vidro devem ser descartados em equipamentos de coleta de materiais perfurocortantes.

Rolhas de Vidro Travadas. Rolhas de vidro podem travar se não movimentadas durante longos períodos de tempo. O travamento de rolhas em vidros com soluções com pH básico pode ser irreversível. Somente a destruição da rolha permitirá recuperar o conteúdo do vasilhame. Rolhas travadas em vidros que contenham soluções de fluoretos devem ser manuseadas com extremo cuidado, pois pode ter ocorrido um aumento de pressão no interior do frasco causada pelo acúmulo de tetrafluoreto. Seja cuidadoso na remoção de rolhas travadas em frascos de vidro. Primeiro tente destravar a conexão tratando a rolha com água quente para expandir o vidro, se não funcionar, tente uma solução especial para juntas travadas:

10 partes de hidrato de cloral
5 partes de glicerina
5 partes de água e
3 partes de ácido clorídrico concentrado

Pincele com a solução a rolha travada ou mergulhe a parte superior do vidro na solução. Se houver necessidade de desalojar a rolha travada por meio de batidas leves com um outro objeto, envolva-o com pano ou papel toalha e calce luvas para proteger as mãos e evitar ferimentos no caso de quebra da junta travada.

6. SISTEMAS ELÉTRICOS

A maioria dos incêndios em laboratórios ocorre pela falta de cuidado no manuseio de equipamentos elétricos. Laboratórios possuem destiladores, banhos-maria e outros aparelhos que podem superaquecer ou causar choques elétricos. Aparelhos de eletroforese são exemplos de equipamentos aparentemente inócuos que oferecem um risco muito sério de choques elétricos de grande magnitude, até mesmo letais, devido à combinação de alta voltagem e de fluidos condutores. Pesquisadores provavelmente desconhecem os riscos da operação de aparelhos de eletroforese. Um equipamento padrão de eletroforese operando com tensão de 100V pode produzir um choque elétrico letal a 25 miliampéres. Até mesmo um vazamento pequeno no tanque de eletrólito pode resultar em um choque elétrico sério para o operador.

Minimize acidentes com equipamentos elétricos tomando as seguintes precauções:

- Antes de usar, verifique todos os aparelhos elétricos com relação a defeitos de isolamento ou conexões elétricas deficientes ou danificadas. Cabos de força devem ser verificados periodicamente e substituídos, se necessário;
- Conectar todos os fios terra diretamente a metais, evitar conexões de fios terra a superfícies pintadas. Usar tomadas com três pinos (fio terra);
- Mantenha os fios elétricos longe de superfícies quentes;
- Não permita que água ou outros líquidos potencialmente corrosivos caiam sobre os fios, interruptores ou tomadas;
- Evite o uso de extensões. As extensões devem ser sempre aterradas;
- Nunca toque interruptores, tomadas ou outras fontes de eletricidade com as mãos úmidas;
- Não use fiação temporária ou caseira; chame um eletricista para instalação de fiações elétricas;
- Implemente barreiras físicas para impedir o acesso fácil a partes sensíveis de equipamentos elétricos;
- Use disjuntores nos circuitos elétricos do laboratório;
- Não desative sistemas de segurança;

- Sinalize perigos de rede elétrica claramente no laboratório;
- Avalie regularmente a integridade física dos diferentes componentes de um equipamento de eletroforese;
- Desligue a rede antes de manipular os fios ou as tomadas;
- Use somente cabos elétricos com bom isolamento e conecte um cabo por vez utilizando somente uma mão. As mãos devem estar secas enquanto estiver executando manipulações na rede elétrica;
- Mantenha equipamentos elétricos distantes de fontes de água ou umidade.

Relatos de acidentes elétricos em laboratórios:

- Acetona transbordou de um frasco de reação durante a adição de gelo seco. O solvente escorreu por baixo de uma balança eletrônica ligada e se incendiou.
- Um pesquisador recebeu um choque elétrico potencialmente fatal ao tocar um contato de alta voltagem em um aparelho de eletroforese. Estes conectores eram conectores em série e o conector macho ficou exposto sem nenhum isolamento.

7. SISTEMAS DE AQUECIMENTO

Logo após acidentes com vidraria, a causa mais comum de ferimentos em laboratórios são acidentes com sistemas de aquecimento, que incluem uma variedade de equipamentos:

- Mantas de aquecimento;
- Bicos de Bunsen;
- Fornos;
- Fornos de microondas;
- Placas aquecidas;
- Pistolas de ar quente;
- Muflas;
- Banhos de água ou de óleo;
- Fornalhas.

Os principais perigos associados a sistemas de aquecimento utilizados em laboratórios são riscos elétricos, de incêndio e superfícies aquecidas. Para temperaturas de trabalho inferiores a 100ºC é recomendável usar equipamentos aquecidos com vapor ao invés de aquecedores elétricos, que não apresentam perigos de liberação de fagulhas ou de choques elétricos e podem ser operados sem acompanhamento, pois não há risco de a temperatura subir além da temperatura do vapor. Siga estas recomendações no uso de sistemas de aquecimento:

- Antes de ligar um aquecedor elétrico certifique-se de que o equipamento está equipado com um sistema de desligamento automático quando a temperatura subir, além de um valor pré-determinado e que todas as conexões elétricas estão em bom estado de conservação;
- Compostos químicos aquecidos são mais perigosos pois as reações são muito mais rápidas;
- Banhos de aquecimento devem ser equipados com temporizadores para controlar o seu horário de funcionamento;
- Aqueça solventes ou produtos inflamáveis dentro de uma capela. Organize a disposição dos equipamentos na capela de forma a evitar o contato dos vapores com superfícies aquecidas;

- Manipule materiais e equipamentos aquecidos com luvas termorresistentes que não contenham asbesto;
- Não deixe banhos de óleo em operação sem supervisão. Coloque estes banhos dentro de bandejas para coletar produto vazado;
- Digestões com ácido perclórico devem ser conduzidas em capelas especialmente construídas para a manipulação deste produto;
- Minimize o emprego de chamas abertas;
- É recomendável conectar todas as saídas de cromatógrafos à gás, de espectrômetros de absorção atômica e de outros instrumentos analíticos que emitam gases a um sistema de exaustão que conduza estes gases para fora do laboratório. Em linhas gerais, as emissões de um cromatógrafo à gás não são significativas, mas equipamentos de absorção atômica devem ser instalados com sistemas para coleta e remoção de gases.

8. SISTEMAS PRESSURIZADOS

Processos que demandam pressões elevadas representam um perigo físico no caso de falhas operacionais e devem ser conduzidos exclusivamente, em equipamentos projetados com este objetivo e somente por pesquisadores treinados no uso do equipamento.

Não execute uma reação e não aplique calor a um equipamento fechado que não tenha sido projetado para resistir ao aumento de pressão esperado no processo. Estes equipamentos devem ter placas de informação afixadas informando sobre os limites de pressão para operação segura.

Sistemas pressurizados devem ser equipados com uma válvula de emergência e devem ser protegidos por barreiras físicas suficientemente resistentes para absorver o choque de uma falha catastrófica do vaso de pressão. Este tipo de equipamento não deve ser operado em salas com circulação de pessoas, não diretamente ligadas ao experimento ou à operação da máquina.

Os seguintes aspectos devem ser analisados na operação de equipamentos pressurizados:

- Minimize o risco de exposição;
- Identifique e avalie todos os perigos associados à operação do equipamento;
- Avalie detalhadamente as diversas formas de falhas e como evitar que estas falhas se transformem em acidentes graves;
- Use operação remota sempre que possível;
- Estes equipamentos devem ser instalados em locais com pouca circulação de pessoas;
- Minimize a pressão, o volume e a temperatura. A energia potencial contida no vaso de pressão é proporcional à temperatura e ao volume total;
- Use parâmetros conservadores no projeto da planta;
- Não assuma a existência de fatores de segurança intrínsecos que poderá não se materializar na operação real;
- Use materiais com previsibilidade do modo de falha mecânica, preferencialmente materiais que falhem por mecanismos de deformação. Não utilize materiais frágeis em áreas com circulação de pessoas, exceto quando medidas de proteção adicional como barreiras de contenção tenham sido adotadas. Acidentes acontecem quando o material não é adequado para a aplicação, quando a fabricação é de baixa qualidade ou quando o processo não é correto ou quando a planta é mal operada;

- Verifique a integridade estrutural dos materiais através de ensaios de resistência. Os componentes da parte pressurizada do equipamento devem resistir às pressões mais elevadas, incluindo um fator de segurança;
- Opere a máquina dentro dos parâmetros de projeto originais. Não ultrapasse a pressão máxima de operação. Execute operações de manutenção seguindo estritamente as recomendações do fornecedor;
- Providencie sistemas de proteção redundantes. Válvulas de emergência devem ser instaladas em pontos críticos, para garantir que a pressão interna do equipamento não ultrapasse limites operacionais seguros em casos de falhas operacionais ou de defeitos da máquina;
- Utilize material de boa qualidade na fabricação do equipamento. Exija a adoção de medidas de controle de qualidade apropriadas pelo fornecedor dos materiais;
- Utilize barreiras físicas de proteção em partes críticas da máquina;
- Tubulações sob pressão podem se movimentar violentamente quando rompidas. Ancore estas tubulações mecanicamente para evitar deslocamentos imprevisíveis em caso de acidente;
- Não deixe o sistema pressurizado sem supervisão.

9. SISTEMAS A VÁCUO

Os riscos na operação de sistemas a vácuo são semelhantes aos de sistemas pressurizados. Ao invés da explosão, a implosão pode liberar quantidades de energia suficientes para causar ferimentos em pessoas, estragos em materiais e dispersar produtos tóxicos contidos dentro do sistema.

Precauções necessárias para a operação de sistemas de vácuo incluem:

- Instale protetores de correias nas bombas de vácuo;
- Verifique que os cabos elétricos e os sistemas de acionamento dos motores estejam em bom estado de conservação;
- Sempre utilize condensadores de umidade em redes de vácuo para prevenir a entrada de líquidos nas tubulações, na bomba ou em outros equipamentos sob vácuo;
- Troque o óleo da bomba a vácuo este estiver escuro (oxidado). O material descartado é classificado como resíduo químico.
- Coloque uma bandeja de contenção sob as bombas para capturar óleo vazado;
- Não instale as bombas em um gabinete fechado sem ventilação.

A vidraria usada em sistemas de vácuo pode causar ferimentos sérios em caso de implosão. Para minimizar estes riscos:

- Empregue somente vidraria com paredes grossas e de fundo redondo para trabalhos com vácuo exceto em casos de equipamentos especialmente projetados para operação com vácuo como *kitassatos*;
- Cubra a vidraria com tiras de fita adesiva para prevenir a dispersão de cacos de vidro em caso de implosão;
- Inspecione cuidadosamente a vidraria antes de ligar o vácuo. Descarte peças defeituosas. Dissecadores de vidro podem desenvolver vácuo no esfriamento do seu conteúdo. Utilize dissecadores de plástico com alta resistência mecânica ou proteja o dissecador de vidro com um vaso de contenção;

- Bombas a vácuo geralmente são equipadas com uma válvula de alivio para a remoção de condensados, para prevenir a contaminação do óleo da bomba e das tubulações internas, com compostos voláteis ou com água: A válvula de alívio de condensados deve ser posicionada na entrada da bomba a vácuo;
- Verifique se a válvula tem volume adequado e temperatura de operação suficientemente reduzida para a condensação dos vapores dos contaminantes;
- Verifique regularmente se a válvula está bloqueada;
- Utilize misturas de gelo seco com etanol ou isopropanol ao invés de gelo seco e acetona para operar a válvula de alívio. Isopropanol e etanol são tão eficientes e mais baratos, menos propensos á formação de espuma e menos tóxicos do que a acetona;
- Não use gelo seco ou refrigerantes de gases liquefeitos em sistemas fechados que podem gerar pressões elevadas incontroláveis.

10. DESTILAÇÃO DE SOLVENTES ORGÂNICOS

Perigos associados à destilação de produtos orgânicos decorrem da pressurização interna dos aparelhos de destilação, do manuseio de materiais inflamáveis e do uso de calor para vaporizar estes materiais. A montagem do sistema de destilação deve ser feita com extrema cautela para assegurar a separação efetiva dos fluxos de componentes e para evitar vazamentos que poderiam causar incêndio, contaminação ou, em casos extremos, explosões. Conduza operações de destilação e outros experimentos semelhantes com muito cuidado, especialmente se os aparelhos ficarem ligados no período noturno.

Siga as instruções abaixo para conduzir destilações com segurança:

- Previna superaquecimento assegurando que todas as conexões de tubos e de vidraria estejam presas com firmeza;
- Afixe o telefone de contato no aparelho e também na porta do laboratório, para que o pessoal da segurança ou do corpo de bombeiros possa contatá-lo em caso de incêndio ou emergência;
- Use fragmentos de porcelana porosa ou barras de agitação para evitar a formação de bolhas no líquido aquecido durante destilação, refluxo, etc.;
- Avalie a possibilidade de formação de produtos de auto-oxidação e de peróxidos na destilação de seus compostos químicos. Peróxidos podem explodir quando aquecidos e concentrados durante a destilação;
- Use apenas frascos com fundo redondo para destilações à vácuo. Frascos tipo erlenmeyer implodem com facilidade;
- Aparelhos de destilação a vácuo ou de evaporação de soluções de solventes devem sempre ser operados no interior de equipamentos de contenção para reter fragmentos em caso de implosão.

11. REFRIGERADORES E CONGELADORES

O emprego de geladeiras domésticas para o armazenamento de produtos químicos é perigoso por várias razões. Muitos solventes inflamáveis permanecem voláteis nas temperaturas internas das geladeiras, que são mais elevadas do que os pontos de ignição da maioria dos líquidos inflamáveis. O compartimento de estocagem de geladeiras comuns contém várias fontes de ignição incluindo termostatos, interruptores de lâmpadas e filamentos de aquecimento. O compressor e os circuitos elétricos não estão blindados e podem estar localizados no fundo da unidade, onde o acúmulo de vapores químicos é mais provável.

Geladeiras à prova de explosão são uma opção segura para armazenamento de produtos químicos a frio. Estes refrigeradores são projetados especificamente para armazenamento de produtos inflamáveis, pois os componentes elétricos são blindados e ficam localizados na parte externa da geladeira.

Os seguintes aspectos importantes devem ser considerados no armazenamento a frio de produtos químicos:

- Nunca armazene produtos inflamáveis em geladeiras comuns;
- Não armazene bebidas e alimentos em geladeiras onde são armazenados insumos do laboratório;
- Rotule todos os refrigeradores do laboratório para indicar a sua finalidade;
- Geladeiras à prova de explosão devem ser identificadas com clareza;
- Geladeiras para armazenamento devem ser rotuladas como "uso exclusivo para alimentos".

12. AUTOCLAVES

Autoclaves são usadas por muitos laboratórios para a esterilização de materiais em altas temperaturas (121ºC) e pressão (2 bar). A temperatura e a pressão são geradas com vapor quente, o que torna autoclaves sistemas de risco para queimaduras pelo contato físico com partes da autoclave ou pelo contato com o vapor. A explosão de vidrarias devido a tensões térmicas na abertura de autoclaves pode resultar em ferimentos graves e queimaduras, assim como o manuseio descuidado de frascos quentes no esvaziamento da autoclave. As condições de operação extremas no interior do equipamento geram riscos quando ocorrem falhas no equipamento. Cada modelo de autoclave tem características operacionais específicas, é importante ler com atenção o manual de instruções do fabricante antes de usar a autoclave pela primeira vez.

A esterilização de materiais pode ocorrer por diferentes combinações de condições:

- Líquidos ou soluções aquosas em geral;
- Material seco com vácuo;
- Material seco sem vácuo.

Muitas autoclaves incluem um regime opcional de ciclo de secagem onde ar quente é injetado no compartimento de esterilização para a secagem do material antes da abertura da tampa. Os procedimentos operacionais e as características variam entre modelos, o que torna importante seguir as orientações do manual de instruções quanto à carga da autoclave, tipos de ciclos e controles de parâmetros operacionais.

Ciclos de esterilização de líquidos são mais prolongados do que os ciclos de esterilização a seco, mas operam a temperaturas mais baixas para minimizar a evaporação das soluções a serem esterilizadas. É indispensável afrouxar as tampas dos frascos a serem autoclavados para permitir a troca de calor e de vapor entre o compartimento da autoclave e do frasco durante as etapas de aquecimento e resfriamento e evitar a explosão dos frascos. Coloque os frascos em bandejas de metal para evitar a contaminação do condensado com o conteúdo dos frascos. Nunca coloque soluções inflamáveis ou com compostos voláteis na autoclave.

O ciclo de esterilização a seco com vácuo transporta o vapor e o calor até as partes mais profundas de sacos de material a ser autoclavado e produz as melhores condições para a inativação de organismos mais resistentes. Durante este ciclo a câmara de pressão alterna entre ciclos de pressurização, injeção de vapor e vácuo. Para que o vapor possa atingir todas as partes do material a ser autoclavado, as tampas dos frascos e os fechos de sacos devem ser afrouxados.

O ciclo de esterilização a seco sem vácuo simplesmente pressuriza a câmara com vapor durante a duração do ciclo e depois retorna ao normal. Este ciclo é usado para esterilizar materiais previamente limpos. Os materiais devem ser acondicionados de forma que o calor atinja todas as partes.

Autoclaves geram muito calor e pressões elevadas. Os usuários destes equipamentos devem entender e respeitar os riscos operacionais deste tipo de equipamento. Para prevenir um escape súbito de vapor de alta pressão, as portas e as vedações da câmara da autoclave devem estar firmemente fechadas antes de iniciar a operação de esterilização. A maioria das autoclaves está equipada com sistemas de segurança que previnem a operação do equipamento enquanto que a tampa não estiver corretamente selada. Se a sua autoclave não possuir estes sistemas de segurança você deve redobrar a atenção no momento do fechamento da tampa. Modelos mais antigos praticamente não têm sistemas de proteção contra calor nas suas paredes. É necessário afixar placas de aviso sobre a temperatura elevada das paredes para evitar queimaduras no contato acidental com o equipamento. Não armazene material combustível (cartão, papel, plásticos, compostos voláteis e/ou inflamáveis) junto às autoclaves.

Adote os seguintes cuidados na operação de autoclaves:

- Acondicione os materiais a serem autoclavados corretamente na câmara da autoclave. Se certifique da limpeza do fundo da câmara de pressão antes de colocar uma nova carga;
- Não coloque materiais plásticos sem resistência térmica adequada;
- Peças individuais de vidraria devem ser acondicionadas em bandejas de metal ou de plástico termorresistente. Nunca as coloque diretamente sobre a base da câmara de alta pressão;
- Verifique que a autoclave esteja desligada e que a câmara tenha sido despressurizada antes de abrir a tampa para a retirada de material;
- Abra a porta lentamente, mantendo a cabeça, as mãos e a face afastadas da abertura;
- Espere pelo menos 30 segundos após a abertura da tampa antes de olhar para dentro da autoclave. Espere 5 minutos no caso de ciclos secos e 10 minutos no caso de ciclos úmidos com a tampa aberta antes de iniciar a retirada de materiais;
- Proteja as mãos com luvas resistentes ao calor e óculos de segurança. Movimente frascos com líquidos lentamente; algumas soluções podem ferver quando expostas à pressão e temperatura ambientes;
- Vidrarias quentes sem líquidos devem ser resfriadas por um mínimo de 15 minutos antes de serem manuseadas com as mãos desprotegidas. Frascos com líquidos devem ser resfriados por um mínimo de 1 hora antes de serem manuseados diretamente com mãos desprotegidas;
- Remova soluções derramadas no interior da autoclave imediatamente abrindo o dreno de fundo e enxaguando o compartimento de pressão com água limpa.

13 MICROONDAS

O microondas tem sido muito utilizado na rotina dos laboratórios de pesquisa, por ser um equipamento rápido para aquecer, dissolver e fundir meios de cultura sólidos e ainda permitir o uso de vasilhames plásticos.
A operação desses equipamentos requer alguns cuidados:

- Afrouxe as tampas dos frascos, entes de levar substâncias para fundir ou ser aquecidas;
- Nunca introduza frascos em microondas, com tampões de algodão. Eles vão se incendiar;
- Use luvas termorresistentes para retirar material do microondas;
- Não agite os frascos imediatamente após o aquecimento. Ele irá transbordar e com certeza queimará suas mão, ainda que você esteja usando luvas termorresistentes.

.

14. REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Norma Brasileira 11749 Válvulas de cilindros para gases comprimidos. . Rio de Janeiro:ABNT,1992.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Norma Brasileira 121276 – Cilindros para gases - Identificação do conteúdo. Rio de Janeiro:ABNT,1999 Versão Corrigida: 2004

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Norma Brasileira 121276 Emprego de cores para identificação de tubulações de gases industriais. Rio de Janeiro:ABNT,1994.

http://www.aga.com.br/international/web/lg/br/likelgbr.nsf/repositorybyalias/pdf_msds_a/$file/Air,%20compressed.pdf

http://www.ebah.com.br/manipulacao-gases-criogenicos-pdf-a57281.html

http://www.whitemartins.com.br/site/catalogo/anexo_seguranca.html

Universidade de Wisconsin-Madison. Laboratory Safety Guide, http://www2.fpm.wisc.edu/chemsafety/table_of_contents2005.htm.